

基于地理加权相关的区域经济与民航运输空间关系分析*

汪言在^{1,2}, 李月臣^{1,2}, 汪洋^{1,2}

(1. 重庆市高校地理信息系统应用研究重点实验室; 2. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331)

摘要:【目的】以第三产业增加值为经济增长需求指标,以旅客吞吐量、货邮吞吐量为民航运输生产供给指标,分析区域经济增长与民航运输生产的空间关系。【方法】使用地理加权相关分析计算地理加权相关系数,使用经验正交函数分析空间相关性变化的主要空间分布模式。【结果】第三产业与民航运输的空间相关性整体呈东部弱-西部强分布结构;近年来,第三产业与民航运输生产的空间相关性整体呈减弱变化趋势,中西部地区二者相关性逐年减弱是导致全国空间相关性减弱的主要驱动因素;通常情况下,省市经济规模越大,则它的第三产业与民航运输的相关性越弱。【结论】受经济产业活动聚集效应影响,东部发达省市经济增长对民航运输的依赖性普遍较弱,中西部省市对民航运输的依赖性较强;尽管近年来全国尺度上经济活动对民航运输的依赖性逐年减弱,但在经济增速放缓背景下,民航运输对中西部省市经济增长的拉动作用逐年增强。

关键词:民航运输;区域经济增长;空间关系;地理加权相关

中图分类号:K902

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2019)04-0122-09

民航运输吞吐量是民航运输生产供给的重要表征指标。自改革开放以来,中国民航运输生产取得了巨大进步,民航机场数量由1980年的69个^[1]增加至2005年的146个,2016年更是达到218个。全国民航旅客吞吐量则由2005年的2.84亿人次增加至2016年的10.2亿人次,货邮吞吐量由2005年的633万吨增加至2015年的1 510万吨。近年来,随着“一带一路”倡议与“长江经济带”建设的逐步推进,区域经济增长对民航运输生产的需求越来越大,同时民航运输生产供给也对区域经济增长产生重要影响^[2-4]。

第三产业属服务经济范畴,是指除第一、二产业以外的其他行业。据统计,2005—2016年间,中国第三产业在GDP中的比重由39.1%提高至49%,第三产业增长对区域经济发展的拉动作用越来越显著^[5-8]。研究认为^[9],第三产业增长与民航运输生产存在直接因果关系,第一、二产业则通过第三产业间接与民航运输生产产生关系。因此,对于与民航运输有直接互动关系的经济行业,探讨它们的增长分布格局与民航运输生产分布格局的空间协调关系,有助于揭示民航运输业与区域经济增长的相互作用。

尽管以往研究对区域经济增长与民航运输生产的时间因果关系进行了大量分析^[10-16],但鲜有研究对区域经济增长需求与民航运输生产供给的空间关系展开讨论。新经济地理学认为,交通运输成本是影响区域经济集聚的重要因素^[17],经济活动聚集引起的空间距离减小会带来运输成本降低^[18],导致区域内部产业联系增强,推动区域经济进一步增长^[19]。作为服务经济,第三产业更易受到产业集聚带来的人力、物力要素增加的影响;但是,作为一种远距离运输方式,产业空间集聚某种程度上可能会削弱区域经济对航空长途运输的依赖性。因此,在经济集聚效应作用下,航空运输空间分布与第三产业空间分布是否匹配仍存在较大不确定性,而这一问题在以往文献中少有研究。鉴于上述分析,本文拟以民航旅客吞吐量和货邮吞吐量为民航运输生产供给指标,以第三产业增加值为经济增长指标,使用地理加权相关分析计算2005—2016年历年第三产业与民航运输吞吐量的空间相关系数;进一步使用经验正交函数对空间相关系数矩阵进行分解,最终获得区域经济增长需求与民航运输生产供给空间协调关系的主要空间分布模式。以期通过本文研究,为民航运输生产供给侧改革以及区域经济均衡发展提供数据支持。

* 收稿日期:2018-03-20 修回日期:2019-03-20 网络出版时间:2019-07-15 12:30

资助项目:国家自然科学基金(No. 41571419;No. 51308575);重庆师范大学校级基金(No. 12XLB009)

第一作者简介:汪言在,男,副教授,博士,研究方向为区域地理,E-mail: wyz2003qu@163.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20190715.1230.024.html>

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文所用数据为全国 31 个省市 2005—2016 年统计数据,未收集中国台湾、香港和澳门的相关数据。第三产业数据来自国家统计局,民航运输生产数据来自中国民用航空局。为更好地分析数据结果,借鉴以往研究^[20],本文将全国各省区划分为 6 个区域进行分析,见表 1。

表 1 6 个区域一览表
Tab. 1 List of six regions of China

东北(DB)	东部沿海(DBYH)	南部沿海(NBYH)	中部(ZB)	西北(XB)	西南(XN)
黑龙江	北京、天津、河北	福建	山西	青海	四川
吉林	山东	广东	河南	新疆	重庆
辽宁	江苏	海南	安徽	甘肃	西藏
内蒙古	浙江	广西	湖南	陕西	云南
	上海		江西	宁夏	贵州
			湖北		

1.2 地理加权相关分析

使用地理加权相关分析(GW correlation)计算历年第三产业增加值与民航运输吞吐量的空间相关系数。具体分析如下:

对于空间点 i 的两类要素 u_i 和 v_i ,地理加权相关系数可以表示为^[21]:

$$\rho(u_i, v_i) = \frac{c(u_i, v_i)}{s(u_i)s(v_i)}, \quad (1)$$

(1) 式中, $\rho(u_i, v_i)$ 为地理加权相关系数, $c(u_i, v_i)$ 为地理加权协方差, $s(u_i)$ 和 $s(v_i)$ 分别为要素 u_i 和 v_i 的地理加权标准差。地理加权协方差和加权标准差具体计算公式如下:

$$c(u_i, v_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} [(u_j - m(u_i))(v_j - m(v_i))]}{\sum_{j=1}^n \tau_{ij}}, \quad (2)$$

$$s(u_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} (u_j - m(u_i))^2}{\sum_{j=1}^n \tau_{ij}}}, \quad (3)$$

$$s(v_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} (v_j - m(v_i))^2}{\sum_{j=1}^n \tau_{ij}}}, \quad (4)$$

$$m(u_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} u_j}{\sum_{j=1}^n \tau_{ij}}, \quad (5)$$

$$m(v_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \tau_{ij} v_j}{\sum_{j=1}^n \tau_{ij}}, \quad (6)$$

(2)~(6) 式中, $m(u_i)$ 和 $m(v_i)$ 分别是要素 u_i 和 v_i 的地理加权平均数, τ_{ij} 为权重,使用高斯核函数计算该权重。

1.3 热点分析

对第三产业与民航运输生产加权相关系数的均值进行热点分析(Hot spot analysis, HSP)。热点分析通过

计算 Getis-Ord G_i^* 统计值识别具有统计显著性的高值(热点)和低值(冷点)^[22], G_i^* 计算方法为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} u_j - \bar{U} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n \omega_{i,j})^2]}{n-1}}}$$

式中, u_j 为要素 u 在空间点 j 上的观测值, $\omega_{i,j}$ 为空间权重矩阵, \bar{U} 为要素 x 的平均值, \bar{U} 与 R 的计算公式为:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{j=1}^n u_j}{n}, R = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n u_j^2}{n} - (\bar{U})^2}$$

通常情况下,某空间点要成为热点或冷点,则它的 G_i^* 统计值应具有高值或低值,同时被其他高值或低值点包围,热点或冷点某种程度上反映的是数据指标的空间聚类特征^[23]。热点分析能够很好的识别哪些区域空间相关性较强,哪些区域的空间相关系数较弱。

1.4 经验正交函数

使用经验正交函数(EOF)对空间相关系数进行分解,获取空间相关系数的主要空间分布格局。该方法在以往空间统计分析研究中经常用到^[24-25],具体如下^[26]。

对于空间相关系数矩阵 $\mathbf{X}_{m \times n}$,其中 m 为省市, n 为年份。首先对系数矩阵 $\mathbf{X}_{m \times n}$ 作距平处理,并计算协方差矩阵 \mathbf{S} : $\mathbf{S} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$ 。其次计算矩阵 \mathbf{S} 的特征值 \mathbf{A} 和特征向量 \mathbf{V} , $\mathbf{S}\mathbf{V} = \mathbf{A}\mathbf{V}$ 。最后计算每个特征向量的方差贡献率,取方差贡献率较大的特征向量作为数据的主要空间分布模式。通过经验正交函数分解,最终获得第三产业与民航运输生产供给空间相关性的主要空间分布模式(EOFs)。

2 结果与分析

2.1 第三产业与民航运输生产的空间相关性

计算各省市第三产业与民航运输吞吐量的加权相关系数多年均值,分析加权相关系数空间分布的总体特征(图 1)。方差分析(ANOVA)显示(图 1a),第三产业与旅客吞吐量相关系数在区域尺度上存在显著差异($P < 0.05$),南部沿海省市均值最大,东部沿海和东北各省市均值最小,其中海南省相关系数最大(0.80),辽宁数值最小(0.52),相关系数多年均值沿东北-西南方向呈增大变化。热点分析表明,第三产业与旅客吞吐量的热点区域集中在海南、广西、广州($P < 0.01$),冷点区域主要是天津、山东、河北、北京、辽宁、江苏、山西、河南、内蒙古、安徽和吉林($P < 0.01$)。

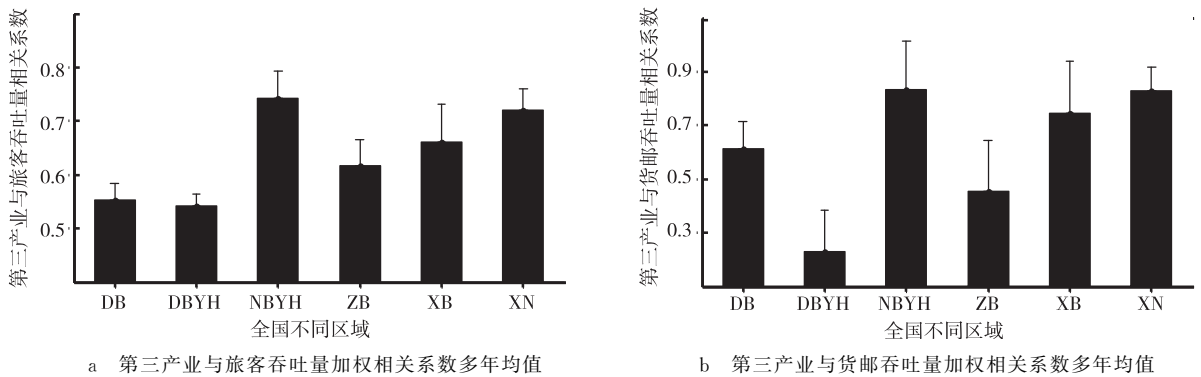


图 1 中国第三产业与民航运输吞吐量加权相关系数空间分布

Fig. 1 The spatial distribution of spatial-correlation coefficients between air passenger and TIAV, as well as air freight and TIAV

对于第三产业与货邮吞吐量,方差分析(ANOVA)显示(图 1b),相关系数在区域尺度上存在显著差异($P < 0.05$),东部沿海省市相关系数最小,南部沿海省市数值最大,其中新疆相关系数最大(0.98),上海数值最小(0.07)。热点分析表明,第三产业与货邮吞吐量空间相关性热点区域集中在贵州和海南($P < 0.01$),冷点区域主要是山东、江苏、安徽、河南、上海、浙江、河北、山西、天津和北京($P < 0.01$)。由上述结果不难发现,民航运输与第三产业空间相关性偏强的省市多为远离中国人口密集区、经济总量较小、旅游业发展较好省市;而空间相关

性偏弱省市多是中东部经济较发达、人口密集分布、陆路交通发达省市。

计算历年第三产业与民航运输吞吐量相关系数的多省市均值,分析相关系数时间变化的总体特征(图 2)。结果表明,第三产业与民航旅客吞吐量空间相关系数在 2005—2016 年间总体呈先增大后减小变化,2007 年最大,数值为 0.68,2012 年最小,数值为 0.59(图 2a)。第三产业与民航货邮吞吐量空间相关系数总体呈减小变化,2015 年最小,数值为 0.53,2009 年最大,数值为 0.60(图 2b)。

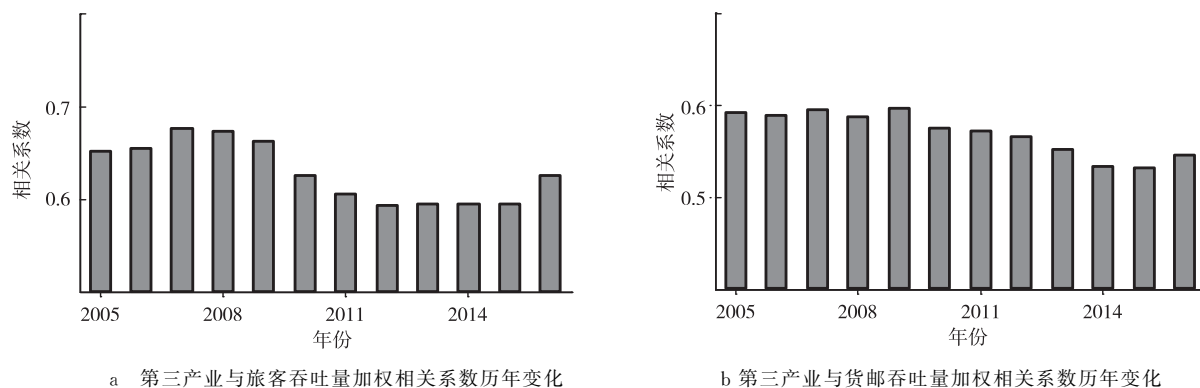


图 2 中国第三产业与民航运输吞吐量加权相关系数时间变化

Fig. 2 The temporal change of spatial-correlation coefficients between air traffic and TIAV

2.2 第三产业与民航运输生产空间相关系数的空间分布模式

进一步对第三产业与民航运输空间相关系数矩阵进行分解。EOFs 的方差贡献率表明(图 3),对于第三产业与民航旅客吞吐量空间相关系数矩阵,它的前 3 个特征向量方差贡献率分别为 79.6%,18.9%和 1.2%(图 3a);对于第三产业与民航货邮吞吐量空间相关系数矩阵,它的前 3 个特征向量方差贡献率分别为 81.8%,15.5%和 1.3%(图 3b)。总体来看,前两个特征向量均可表征空间相关系数的主要空间分布模式。

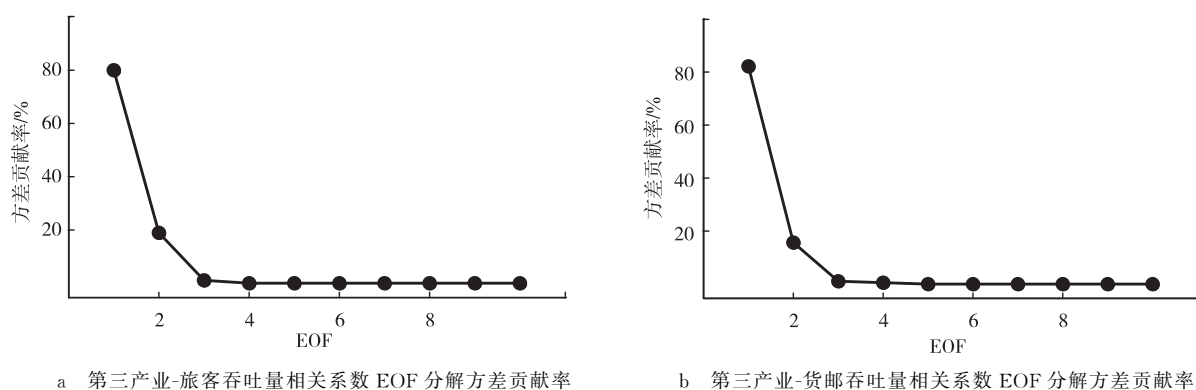


图 3 空间相关系数特征向量的方差贡献率

Fig. 3 Explained variance of the first ten EOFs of spatial-correlation coefficient between air traffic and TIAV

对于第三产业与旅客吞吐量空间相关系数的主要空间分布模式(图 4),第一特征向量 EOF1 空间格局呈现环渤海、黄海省市低-西部边缘省市高的圈层分布(图 4a),各省市 EOF1 多为正值,数值较大省市主要是新疆、海南、广东、西藏和广西等省市;数值偏小(负值)省市主要是山东、上海、江苏等东部沿海省市。该空间格局表明,东部沿海省市与全国其他区域的第三产业与旅客吞吐量相关性变化存在差异,该空间相关性差异是主要空间分异。第三产业与民航旅客吞吐量的第二特征向量 EOF2 空间格局由东北-西南总体呈增大变化(图 4b)。EOF2 数值偏小省市主要是辽宁、吉林、天津、山东、北京和河北等省市,数值偏大省市主要是西藏、海南和云南等南部沿海和西南省市。该空间格局说明,中国西南-东北方向第三产业与旅客吞吐量相关性变化也存在较大差异,该空间相关性差异为第三产业与民航旅客吞吐量空间相关性的次要空间分异。

对于第三产业与货邮吞吐量空间相关系数的主要空间分布模式(图 5),第一特征向量 EOF1 存在正、负分异(图 5a),数值偏大省份集中在北部和西部省市,数值偏小省市主要是江苏、浙江、上海以及安徽等中东部省市,表明东部沿海省市与全国其他区域省市的相关系数变化存在差异,该空间格局是相关系数变化的主要空间分异。

第三产业与货邮吞吐量的第二特征向量 EOF2 空间格局总体呈自东向西增强变化(图 5b), EOF2 也存在正、负分异, 长江以北沿海省市为负值, 全国其他省市为正值, 数值偏小(负值)省市主要是上海、江苏、黑龙江、浙江、天津、安徽、山东等省市, 数值最大省市为云南, 该空间格局是相关系数的次要空间分异。

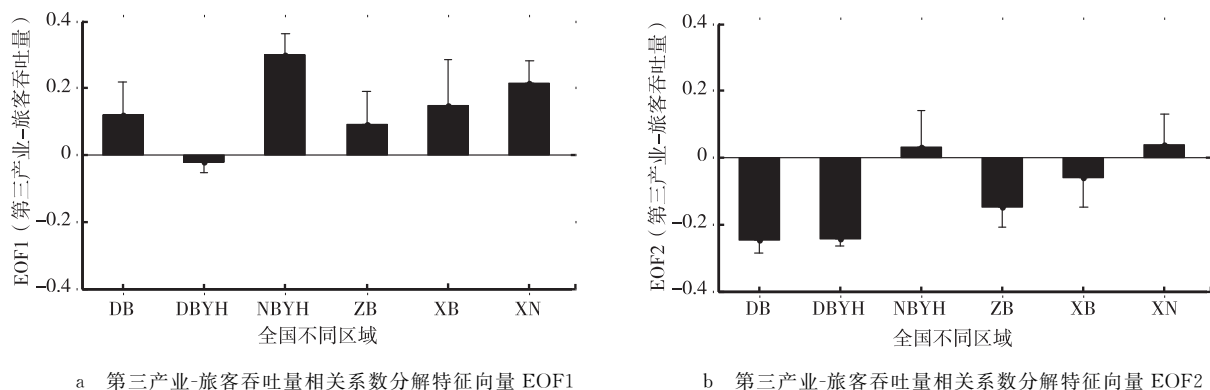


图 4 第三产业与民航旅客运输空间相关系数分解的特征向量

Fig. 4 The EOFs results of spatial-correlation coefficient between air passenger and TIAV

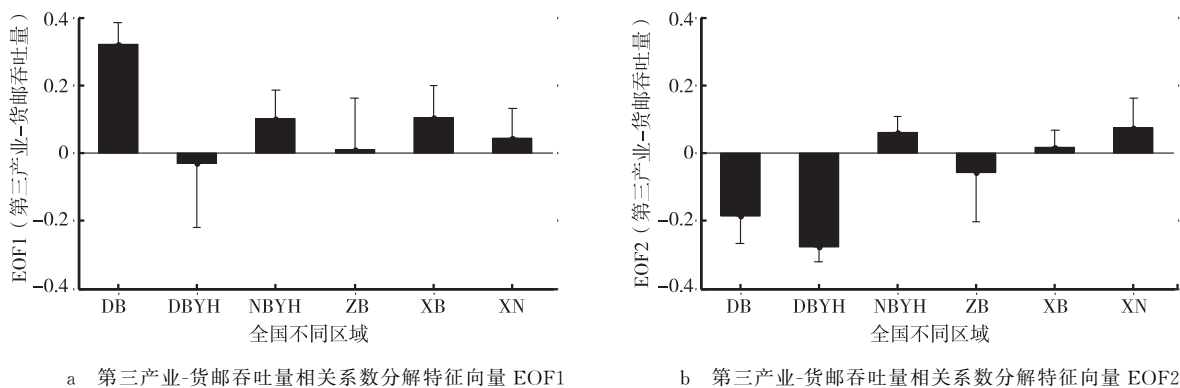


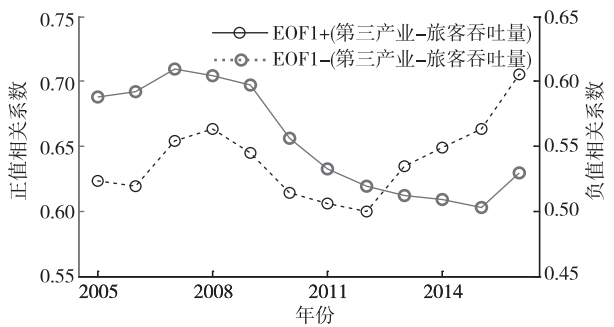
图 5 第三产业与民航货邮运输空间相关系数分解的特征向量

Fig. 5 The EOFs results of spatial-correlation coefficient between air freight and TIAV

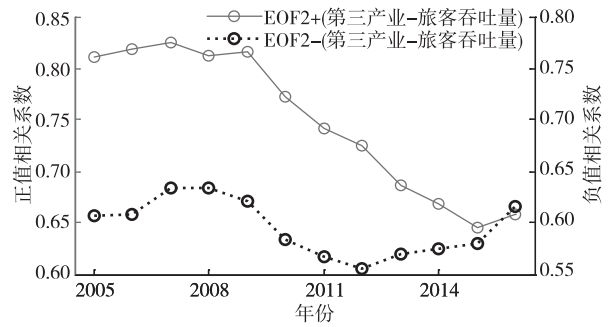
2.3 不同区域第三产业与民航运输生产空间相关系数及其时间变化

EOFs 正、负值揭示了第三产业与民航运输相关关系变化的空间分异。进一步分析 EOF 正、负数值省份第三产业与民航运输的空间相关性时间变化。对于第三产业与旅客吞吐量的空间相关系数, 正值 EOF1 省份加权相关系数介于 0.60~0.71 之间(图 6a), 负值 EOF1 省份的相关系数介于 0.50~0.61 之间(图 6a); 正值 EOF2 省份相关系数介于 0.65~0.83 之间(图 6b), 而负值 EOF2 省份相关系数介于 0.56~0.63 之间(图 6b)。对于第三产业与货邮吞吐量的空间相关系数(图 6c 和图 6d), 正值 EOF1 省份、负值 EOF1 省份、正值 EOF2 省份和负值 EOF2 省份的相关系数则分别介于 0.60~0.73, 0.29~0.42, 0.78~0.87 和 0.36~0.43。从上述数值范围不难发现, EOF 正值省份相关系数总体上大于负值省份。正值 EOF 多对应中国中西部省份, 负值省份则多对应东部省份, 鉴于东部省市多为经济发达省份, 而中西部省市多为欠发达省市, 因此上文数据说明, 第三产业与民航运输生产的空间相关性某种程度上与经济发展水平存在特定关系。

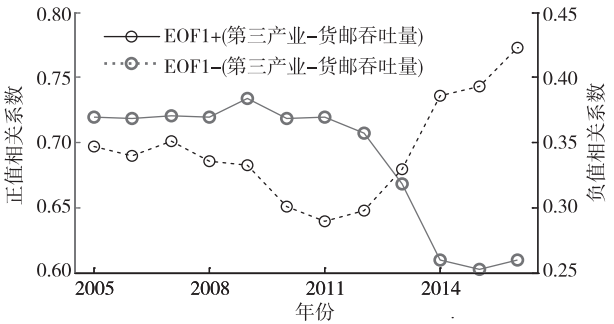
进一步分析结果显示(图 7), 第三产业与民航运输的相关关系, 不仅随经济总量水平、同时随第三产业增加值增大而减小, 说明经济规模越大, 对航空运输的依赖性越小。产生这一现象的原因某种程度上与经济活动的产业聚集特性有关^[17]。在经济发达地区, 如东部沿海各省市, 不仅具有较完善的产业体系, 同时也建设有完善的陆路运输体系。因此, 东部沿海省市经济体系内部上下游产业联系、及其与周边省市的经济活动联系会更密切。同时由于近距离经济活动的增多和运输成本考量, 经济生产也更依赖于陆路交通, 而非航空运输。但是, 对于中西部欠发达地区, 由于它们的经济聚集效应较弱, 加之这些地区地形地势特征较复杂, 陆路交通体系尚有待进一步完善, 因此该地区与全国其他省市的经济活动联系则更依赖于航空运输。



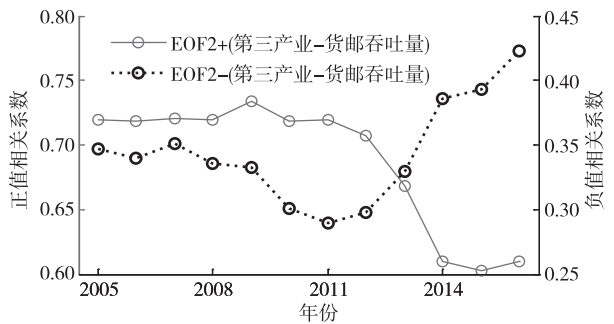
a 第三产业与旅客吞吐量 EOF1 正负值省份相关系数变化



b 第三产业与旅客吞吐量 EOF2 正负值省份相关系数变化



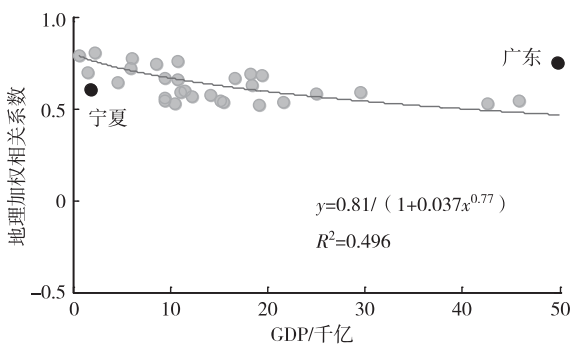
c 第三产业与货邮吞吐量 EOF1 正负值省份相关系数变化



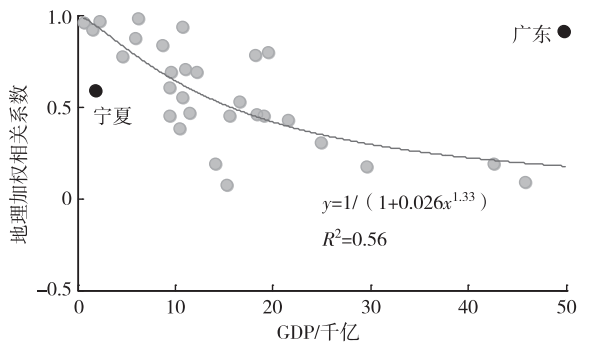
d 第三产业与货邮吞吐量 EOF2 正负值省份相关系数变化

图 6 EOF 正、负值省份空间相关系数的时间变化

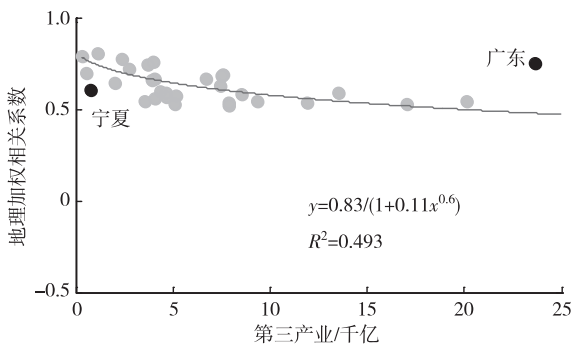
Fig. 6 The temporal change of spatial correlation between air traffic and TIAV for different region of China



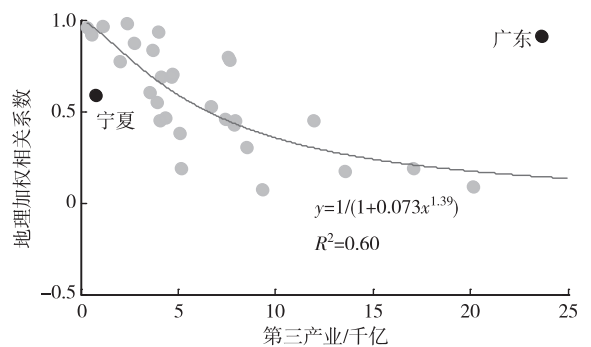
a 第三产业与旅客吞吐量空间相关性与 GDP 的关系



b 第三产业与货邮吞吐量空间相关性与 GDP 的关系



c 第三产业与旅客吞吐量空间相关性与第三产业的关系



d 第三产业与货邮吞吐量空间相关性与第三产业的关系

注:上述拟合关系式均未包括宁夏与广东数据

图 7 第三产业与民航运输生产空间相关系数与经济规模的关系

Fig. 7 The relationship between GW correlation coefficient and economic scale

当然上述拟合关系也存在例外(图 7),如宁夏与广东。宁夏经济总量较低,但第三产业与民航运输的相关性同样偏弱,这可能与宁夏区域面积偏小,省域内经济活动与外部其他省市的联系主要依赖于陆路交通有关。广

东虽然经济总量在全国排名居首,但它省内第三产业与民航运输生产的相关性反而较高,似乎与上文所述拟合结果相悖(图7)。但是从它的所处地理位置不难发现,广东与全国其他经济发达省市相距较远,航空运输仍是其经济活动与其他省市联系的重要运输方式;另一方面,广东是中国改革开放的前沿省市,经济活动与外部省市、以及与世界其他经济体的联系较密切,民航运输的开放程度及自由程度也更高,因此也使得第三产业与民航运输生产的相关关系也较强。

图6显示,第三产业与民航运输的空间相关性在不同区域存在相似的时间变化趋势。EOF正值省份(中西部地区)空间相关系数多呈先高值后减弱变化。其中,第三产业与旅客吞吐量的相关系数变化发生的年份主要在2009年(图6a, 6b中实线),而第三产业与民航货邮吞吐量的空间相关系数发生变化的年份在2012年前后(图6c, 6d中实线)。但是,对于EOF负值省份(东部地区),空间相关性变化多呈先减小后增大变化,同时变化曲线发生转折的年份多在2012年前后(图6中虚线)。结合上文结果(图2),近年来,在全国尺度上,第三产业与民航运输空间相关性呈逐年减弱变化,因此中西部地区空间相关性减弱是导致全国空间相关性变化的主要驱动因素。另外,2008年与2012年分别为全球经济危机和中国经济增速减缓年份,上述结果说明第三产业与民航运输的关系对经济下行的响应在中西部地区、东部地区存在差异,中西部省市第三产业与民航运输的关系在经济下行年份由强变弱,而东部省市二者关系则由弱变强。因此,在经济增速趋缓时,不同区域应采取不同的民航运输发展策略,以适应经济下行产生的影响。

3 结论与讨论

使用地理加权相关分析和经验正交函数分析对中国第三产业与民航运输的空间关系进行了分析。得到以下结论:1)空间分布上,第三产业与民航运输生产空间关系存在显著空间分异,空间关系整体呈现东部弱-西部强的分布结构;2)时间变化上,第三产业与民航运输生产的空间相关性在2009年后逐渐减弱,中西部各省市第三产业与民航运输空间相关性逐渐减弱是导致全国空间相关性减弱的主要因素;3)受经济产业集聚效应影响,第三产业与民航运输生产的空间相关性与经济规模增大而减弱。通常情况下,经济规模越大,第三产业与民航运输的相关性越弱;4)在经济放缓年份,第三产业与民航运输的相关性对经济下行的响应在中西部省市与东部省市存在差异,应采取不同的民航运输发展策略,以适应经济下行产生的影响。

以往研究尽管也使用相关分析探讨区域经济与民航运输生产的关系^[9-16],但以往研究仅使用单一相关系数来表征二者的相关性,由于单一相关系数数值不能反映相关关系的空间平稳性,因而难以揭示区域经济增长与民航运输生产相关关系的空间变异性。与以往研究使用的相关分析方法不同,地理加权相关分析能够很好地解决地理要素相关关系的空间平稳性问题,该方法可以显示历年区域经济增长需求与民航运输生产供给的相关性在哪个区域较强,或在哪个区域偏弱,因而能够更好地反映二者相关性的空间聚类特征。不过,需要说明的是,本文结果主要反映了第三产业与民航运输生产的空间相关性,即二者是否存在正、负相关,以及二者相关性强弱的问题,并未完全反映二者的定量函数关系,因此,对于区域经济增长与民航运输生产的数值定量关系,仍需进一步展开系统研究。

致谢:感谢海南航空股份有限公司蒿承智和中国教育科学研究院刘大伟在论文完成中的帮助。

参考文献:

- [1] 周一星,胡智勇.从航空运输看我国城市体系的空间网络结构[J].地理研究,2002,21(3):276-287.
ZHOU Y X, HU Z Y. Looking into the network structure of Chinese urban system from the perspective of air transportation[J]. Geographical Research, 2002, 21(3): 276-287.
- [2] 王姣娥,莫辉辉.航空运输地理学研究进展与展望[J].地理科学进展,2011,30(6):670-680.
WANG J E, MO H H. Geography of air transportation: Retro-spect & Prospect[J]. Progress in Geography, 2011, 30(6):670-680.
- [3] 王姣娥,王涵,焦敬娟.“一带一路”与我国对外航空运输联系[J].地理科学进展,2015,34(5):554-562.
WANG J E, WANG H, JIAO J J. China's international aviation transport to the Belt and Road Initiative area[J]. Progress in Geography, 2015, 34(5):554-562.
- [4] 樊杰,刘汉初.“十三五”时期科技创新驱动对我国区域发展格局变化的影响与适应[J].经济地理,2016,36(1):1-10.
FAN J, LIU H C. Impacts and adaptation of China's regional development pattern changes influenced by scientific and technological innovation driven during the Thirteenth National Five-Year Plan Period[J]. Economic Geography,

- 2016,36(1):110.
- [5] 赵玉碧,汤茂林. 改革开放以来江苏城市化水平区域差异变动及其影响因素[J]. 人文地理,2013,28(3):101-107.
ZHAO Y B,TANG M L. The change of regional inequalities of urbanization level and its factors in Jiangsu province since reform and opening[J]. Human Geography,2013,28(3):101-107.
- [6] 陈利,朱喜钢,李小虎. 基于产业结构视角的云南省县域经济差异研究[J]. 地理科学,2016,36(3):384-392.
CHEN L,ZHU X G,LI X H. Disparities of county economy at yunnan province in china base on the perspective of industrial structure[J]. Scientia Geographica Sinica,2016,36(3):384-392.
- [7] 李献波,林雄斌,孙东琪. 我国区域产业结构变动对经济增长的影响[J]. 经济地理,2016,36(5):100-107.
LI X B,LIN X B,SUN D Q. The influence dynamical structure on the economic growth in China[J]. Economic Geography,2006,36(5):100-107.
- [8] 陈妍,梅林. 东北地区资源型城市经济转型发展波动特征与影响因素:基于面板数据模型的分析[J]. 地理科学,2017,37(7):1080-1086.
CHEN Y,MEI L. Cyclical characteristics and influential-factors of resource-based cities' economy in northeast China:based on panel data model[J]. Scientia Geographica Sinica,2017,37(7):1080-1086.
- [9] 刘宏鲲. 我国航空网络的结构及其影响因素分析[D]. 成都:西南交通大学,2007.
LIU H K. Analyzing the structure of Chinese aviation network and impact factors[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University,2007.
- [10] 叶舟,李忠民,李晓峰. 我国民航发展与国民经济增长关系的实证分析[J]. 天津理工大学学报,2005,21(5):81-85.
YE Z,LI Z M,LI X F. Empirical research on the relationship between the development of China's civil aviation and economic growth[J]. Journal of Tianjin University of Technology,2005,21(5):81-85.
- [11] 宋伟,杨卡. 民用航空机场对城市和区域经济发展的影响[J]. 地理科学,2006,26(6):649-658.
SONG W,YANG K. The impacts of air transportation and airport on regional economic development[J]. Scientia Geographica Sinica,2006,26(6):649-658.
- [12] 张蕾,陈雯,宋正娜,等. 机场运营与区域经济增长关联性:以南京禄口国际机场为例[J]. 地理科学进展,2010,29(12):1570-1576.
ZHANG L,CHEN W,SONG Z N,et al. Study on the relationship between airport operation and regional economic growth:take Nanjing Lukou international airport as an example[J]. Progress in Geography,2010,29(12):1570-1576.
- [13] Chang Y H,Chang Y W. Air cargo expansion and economic growth:finding the empirical link[J]. Journal of Air Transport Management,2009,15:264-265.
- [14] 管驰明,马奇琪. 航空运输投资对经济增长的影响及其机制的实证研究[J]. 中国软科学,2010,10:47-58.
GUAN CM,Ma Q Q. Empirical analysis of dynamic effect on economic growth and its mechanism due to Chinese air transport investment[J]. China Soft Science Magazine,2010,10:47-58.
- [15] HU Y,XIAO J,DENG Y, et al. Domestic air passenger traffic and economic growth in China:evidence from heterogeneous panel models[J]. Journal of Air Transport Management,2015,42:95-100.
- [16] 王姣娥,王涵,焦敬娟. 我国航空运输业与旅游业发展水平关系测度[J]. 地理科学,2016,36(8):1125-1133.
WANG J E,WANG H,JIAO J J. The relationship between the development level of civil aviation and tourism in China[J]. Scientia Geographica Sinica,2016,36(8):1125-1133.
- [17] KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. The Journal of Political Economy,1991,99(3):483-499.
- [18] 段学军,虞孝感,陆大道,等. 克鲁格曼的新经济地理研究及其意义[J]. 地理学报,2010,65(2):131-138.
DUAN X J,YU X G,LU D D,et al. The study of new economic geography of Krugman and its significance[J]. Acta Geographica Sinica,2010,65(2):131-138.
- [19] 金煜,陈钊,陆铭. 中国的工业集聚:经济地理、新经济地理与经济政策[J]. 经济研究,2006,4:79-89.
JIN Y,CHEN Z,LU M. Industry agglomeration in China:economic geography,new economic geography and policy[J]. Economic Research Journal,2006,4:79-89.
- [20] 李娜,石敏俊,袁永娜. 低碳经济政策对区域发展格局演进的影响-基于动态多区域CGE模型的模拟分析[J]. 地理学报,2010,65(12):1569-1580.
LI N,SHI M J,YUAN Y N. Impacts of carbon tax policy on regional development in China:a dynamic simulation based on a multi-regional CGE model[J]. Acta Geographica Sinica,2010,65(12):1569-1580.
- [21] GOLLINI I,LU B B,CHARLTON M,et al. GW model:an R package for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models[J]. Journal of Statistical Software,2015,63(17):1-50.
- [22] 王芳,高晓路. 内蒙古县域经济空间格局演化研究[J]. 地理科学,2014,34(7):818-825.
WANG F,GAO X L. Spatial pattern evolution of the economy in Inner Mongolia at the county level[J]. Scientia Geographica Sinica,2014,34(7):818-825.

- [23] 齐元静,杨宇,金凤君. 我国经济发展阶段及其时空格局演变特征[J]. 地理学报, 2013, 68(4): 517-531.
 QI Y J, YANG Y, JIN F J. China's economic development stage and its spatio-temporal evolution: a prefectural level analysis[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(4): 517-531.
- [24] 方修琦,何英茹,章文波. 1978-1994年分省农业旱灾灾情的经验正交函数 EOF 分析[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(1): 59-64.
 FANG X Q, HE Y R, ZHANG W B. An EOF analysis on drought effect on agriculture in China during 1978—1994 [J]. Journal of Natural Disasters, 1997, 6(1): 59-64.
- [25] 白景峰,张海军. 基于 EOF 和 GWR 模型的中原经济区经济增长的时空分析[J]. 地理研究, 2014, 33(7): 1230-1238.
 BAI J F, ZHANG H J. Spatial-temporal analysis of economic growth in central plains economic zone with EOF and GRW methods[J]. Geographical Research, 2014, 33(7): 1230-1238.
- [26] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
 WEI F Y. Modern climate statistical diagnosis and prediction technology[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007.

Using Geographical Weighted Correlation to Analyze the Spatial-Relationship Between Economic Demand and Air Traffic of China

WANG Yanzai^{1,2}, LI Yuechen^{1,2}, WANG Yang^{1,2}

(1. Key Laboratory of GIS Application of Chongqing;

2. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes] The industry of air transport closely relates to the development of regional economy. Two indicators of air traffic, namely air passenger number, air freight volume, one economic indicator, namely the tertiary industry added value (TIAV) were used to analyze the spatial-correlation between air traffic and economic demand. [Methods] GW correlation was used to calculate the coefficients of geographic weighted correlation, EOF technique was used to decompose the coefficients matrix into eigen-vector and principle component value. [Findings] 1) the spatial-relationship between air traffic and regional TIAV tends to be non-stationary, enhancing from eastern province to western province of China. 2) the spatial-correlation between air traffic and regional TIAV of China went down since 2009, and the spatial-correlation in western provinces of China changed significantly. 3) the spatial-correlation between air traffic and regional TIAV in eastern China went up in the year of slower growth of economy. [Conclusions] The economic growth in western and northern China would be more dependent on the development of air transport industry, while the dependence would be weakened in eastern and central China. In general, the dependence of economic growth on the development of air transport industry declined since 2009, while in the year of slower economic growth, the air transport industry would play an important role in promotion of economic growth.

Keywords: air traffic supply; economic demand; spatial-relationship; GW correlation

(责任编辑 许 甲)